

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LUCAS SEGATELI DEMARCHI DIAS

**ANÁLISE DE UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TACHAS EM  
UMA INDÚSTRIA DE PLACAS DE SINALIZAÇÃO: UM ESTUDO DE  
CASO USANDO SIMULAÇÃO**  
TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO

Medianeira  
2017

LUCAS SEGATELI DEMARCHI DIAS

**ANÁLISE DE UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TACHAS EM  
UMA INDÚSTRIA DE PLACAS DE SINALIZAÇÃO: UM ESTUDO DE  
CASO USANDO SIMULAÇÃO**

**TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à disciplina de TCC2.

Orientador: Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos

Co-Orientador: Prof. Me. Neron Alípio Cortes Berghauser

Medianeira

2017



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO  
PARANÁ**  
CAMPUS MEDIANEIRA

Diretoria de Graduação  
Nome da Coordenação de Engenharia de Produção  
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

# **ANÁLISE DE UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TACHAS EM UMA INDÚSTRIA DE PLACAS DE SINALIZAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO USANDO SIMULAÇÃO**

Por

LUCAS SEGATELI DEMARCHI DIAS

Este projeto de trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 10 h e 20 m do dia 7 de novembro de 2017 como requisito parcial para aprovação na disciplina de TCC2, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o projeto para realização de trabalho de diplomação.

---

Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Me. Neron Alípio Cortes Berghauser  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Dr. Carla Adriana Pizarro Schmidt  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Dr. Carlos Aparecido Fernandes  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Aos meus pais Sandro e Eliana.  
As minhas irmãs Larissa, e Leticia.  
E meus amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço principalmente a meus pais Sandro e Eliana por me apoiarem em momentos difíceis, momentos de indecisão, ansiedade, e de alegria. Agradeço todo o apoio e educação que ambos me proporcionaram durante minha vida, e hoje representa quem eu sou.

Agradeço as minhas irmãs Larissa e Leticia, que foram meu porto seguro, apesar das diferenças, nunca deixaram de acreditar no meu potencial, mesmo distantes sempre mantivemos próximos com amor e carinho.

Aos professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira, que contribuíram para minha formação, principalmente meu professor orientador Dr. José Airton, professor coorientador Me. Neron Alípio, e minha banca examinadora professora Dr. Carla Schmidt e professor Dr. Carlos Fernandes, por confiarem na dedicação realizada neste trabalho.

Aos professores que me incentivaram e apoiaram durante toda minha jornada na universidade, são eles professores Me. Edson Hermenegildo, Dr. Reginaldo Borges, Me. Peterson, que me auxiliaram em cada tomada de decisão.

Agradeço a Staff Consultoria que me proporcionou grande aprendizado, onde vi crescer e se tornar o que ela é hoje, onde encontrei pessoas excepcionais, pessoas dedicadas a uma causa, pessoas que se tornaram mais que amigos durante o tempo na empresa.

E por fim, mas não menos importante aos meus amigos, que se tornaram minha família durante todo esse período de universidade, que me proporcionaram momentos de alegrias, que me ajudaram em momentos difíceis, e que levarei essa amizade e confiança aonde eu for.

"Não podemos prever o futuro, mas podemos criá-lo."

Peter Drucker

## RESUMO

DIAS, Lucas S. D. **análise de um processo de fabricação de tachas em uma indústria de placas de sinalização: um estudo de caso usando simulação** 2017. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Atualmente, o ambiente globalizado e altamente competitivo impõe as empresas dois grandes desafios: a otimização dos recursos e a redução dos custos. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo utilizar técnicas de simulação computacional na análise do processo de fabricação de tachas em uma indústria de placas de sinalização. Um modelo do tipo dinâmico, discreto e estocástico foi implementado no software de simulação JAAMSIM, distribuído sob licença livre. Resultados de simulação demonstraram que a redução de um funcionário, no processo de produção, praticamente não altera o tempo de produção das tachas.

**Palavras-chave:** JaamSim; Simulação; Sinalização viária.

## ABSTRACT

DIAS, Lucas S. D. **Analysis of a stud-making process in a signboard industry: a case study using simulation** 2017. Monografia (Bachelor in Production Engineering)-Federal Technological University of Paraná.

Nowadays, the globalized and highly competitive environment imposes the companies two major challenges: the optimization of resources and the reduction of costs. In this context, this work aims to use computational simulation techniques in the analysis of the manufacturing process of tacks in a signaling industry. A dynamic, discrete and stochastic type model was implemented in the JAAMSIM simulation software, distributed under free license. Simulation results showed that the reduction of an employee in the production process practically does not change the time of production of the tacks.

**Keywords:** JaamSim; Simulation; Simulation; Road signs.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tachas refletivas.....	16
Figura 2 – Classificação dos sistemas para fins de modelagem.....	18
Figura 3 - Página inicial do software JaamSim.....	20
Figura 4 - Ferramenta <i>Input Analyzer</i> .....	21
Figura 5 - Modelo de simulação – JaamSim .....	22
Figura 6 - - Representação gráfica da estrutura da pesquisa.....	23
Figura 7 - Forma da tacha .....	24
Figura 8– Ajuste do suporte do parafuso. ....	25
Figura 9 – Mistura dos produtos.....	25
Figura 10 – Refletivo colado na forma.....	26
Figura 11 – Preenchimento das formas. ....	26
Figura 12 – Colocação do suporte. ....	27
Figura 13 – Desenformar tachas.....	27
Figura 14 - Fluxograma do processo de fabricação de tachas.....	28
Figura 15 – Boxplots de Colocar Refletivo na Forma, Colocar Trava na Forma, Desmontar Trava, Derramar Massa na Forma, Limpar Forma, Preparar Trava, Passar Cera, Retirar Fitas e Acabamento, Retirar Layers. ....	31
Figura 16 - Gráfico de dispersão - PC.....	32
Figura 17 - Modelo computacional - JaamSim. ....	33

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Funções da sinalização horizontal. ....	15
Quadro 2 - Vantagem e desvantagens da sinalização horizontal.....	15

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição de probabilidades. ....	33
Tabela 2 - Dados do sistema real e do modelo .....	34
Tabela 3 - Resultados de simulação dos cenários 1 e 2. ....	35

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2.OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3.REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
3.1 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL.....	15
3.2 TACHAS REFLETIVAS .....	16
3.3 SIMULAÇÃO .....	16
3.4 SISTEMAS .....	17
3.5 MODELO.....	18
3.6 PORQUE SIMULAR? .....	19
3.7 SOFTWARE DE SIMULAÇÃO JAAMSIM .....	20
<b>4.MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>23</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	23
4.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	23
4.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO.....	24
4.5. COLETA DE DADOS .....	28
4.5. VALIDAÇÃO DO MODELO .....	29
4.6 TAMANHO DA AMOSTRA.....	30
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>31</b>
5.1 DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADES: .....	32
5.2 MODELO COMPUTACIONAL:.....	33
5.3 VALIDAÇÃO DO MODELO: .....	34
5.4 SIMULAÇÃO: .....	34
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>36</b>

## 1.INTRODUÇÃO

A produtividade de uma indústria é um dos fatores de extrema importância para o seu crescimento. Portanto, o tempo de produção, a utilização dos recursos e a qualidade do produto devem estar sempre em constante fiscalização. Atualmente, para conquistar o sucesso, o crescimento da empresa, cada vez mais as empresas utilizam ferramentas, métodos e técnicas, para aprimorar sua linha de produção, com o objetivo de aumentar a produção e obter lucros (VILLAR ; PORTO, 2007).

A alta competitividade entre as empresas torna os processos industriais cada vez mais complexos. Isto dificulta a tomada de decisão pelos gestores e o planejamento de melhorias nas empresas. Uma das técnicas que pode ajudar aos gestores na toma de decisão é a simulação computacional, porque é uma técnica que gera resultados e informações confiáveis (LAW; KELTON, 2000).

A simulação é uma ferramenta que modela um sistema real e seu comportamento em um ambiente virtual. É um recurso poderoso para engenheiros, *designers* e gerentes em um processo de tomada de decisão. Ao observar o modelo, o usuário pode estudar, analisar e avaliar o sistema real, uma vez que o modelo imita o comportamento do sistema ao longo do tempo. Tanto os sistemas de produção existentes quanto os futuros podem ser modelados. Um dos principais benefícios da simulação é a capacidade de estudar mudanças em um ambiente virtual sem ter que mudar o sistema real. Mudanças no sistema real podem ser caras e consumir muito tempo (PRADO, 2010).

A simulação computacional imita ou modela a evolução no tempo de um sistema ou processo da vida real. A simulação essencialmente envolve a geração de uma história artificial para o modelo. E faz a análise desta história para tirar conclusões úteis sobre esta parte da realidade (MAIA, 2008).

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo analisar, por meio de técnicas de simulação discreta, o processo de fabricação de tachas em uma indústria de placas de sinalização.

## 2.OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo analisar, por meio de técnicas de simulação discreta, o processo de fabricação de tachas em uma indústria de placas de sinalização.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar e detalhar o fluxo de processo de fabricação de tachas;
- b) Coletar os dados e fazer os tratamentos estatísticos destes dados;
- c) Implementar um modelo computacional no software JaamSim;
- d) Realizar análise e fazer comparativos entre cenários obtidos do software JaamSim;
- e) Propor adequação ou melhorias no processo de fabricação estudado, se necessárias.

### 3.REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

Denomina-se sinalização horizontal um subsistema composto por linhas, símbolos, legendas e marcas, demarcadas sobre o pavimento. As funções da sinalização horizontal são apresentadas no Quadro 1.

**Quadro 1 - Funções da sinalização horizontal.**

a) Organizar o fluxo de veículos e pedestres;
b) Controlar e orientar os deslocamentos em situações com problemas de geometria, topografia ou frente a obstáculos;
c) Complementar os sinais verticais de regulamentação, advertência ou indicação.

No Quadro 2 e apresentam-se as vantagens e desvantagens da sinalização horizontal.

**Quadro 2 - Vantagem e desvantagens da sinalização horizontal**

<b>Vantagem</b>
Prestar informações relativos aos deslocamentos no trânsito.
<b>Desvantagens</b>
Durabilidade limitada do material empregado.
Má visibilidade por parte dos condutores, em certas condições.

### 3.2 TACHAS REFLETIVAS

A tacha refletiva (Figura 1), um produto utilizado nas vias rodoviárias com o objetivo de instruir os motoristas em relação aos limites das vias, tem duas cores diferentes, uma de coloração amarela, que representa vias com dois sentidos opostos, outra de coloração branca representando as vias de sentido único.

A tacha possui dimensões especificadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Norma Brasileira nº14636 (2013). Portanto, possui a necessidade de conter no mínimo 1,7 centímetros (cm) de altura com no máximo 2,2 cm, a largura deve estar entre 9,6 cm e 13 cm, e por fim ter no mínimo o comprimento de 7,4 cm até no máximo 11 cm.



**Figura 1 - Tachas refletivas.**  
**Fonte: ABNT – NBR 14636**

### 3.3 SIMULAÇÃO

A simulação é uma das mais eficientes e poderosas ferramentas disponível de análise. Pode ser utilizada por responsáveis por projetos e processos de sistemas, tanto simples como complexos. Em um mundo com grande competitividade, a simulação se torna uma ferramenta para planejamento e controle, sendo utilizado como primeiro recurso, e não sendo a última opção para a tomada de decisão, caracterizando-se como uma metodologia indispensável para a solução de



problemas (PEGDEN, 1995).

Prado (2009, p 98) ressalta que simulação é o procedimento de solução de um problema utilizando a análise de um modelo, que demonstra o comportamento do sistema. Ainda afirma, que os softwares modernos possibilitam construir um modelo e visualizar uma réplica do sistema em estudo.

A simulação teve início na década de cinquenta com fins militares. Atualmente se estende para as diversas áreas do conhecimento, como um relevante instrumento para a análise e percepção de sistemas. Sendo muito utilizada para o aprimoramento das operações e outros focos de trabalho (MAIA, 2008).

### 3.4 SISTEMAS

Segundo Forrester (1968) apud Medina (2007) “sistema é um agrupamento de partes que operam juntas, visando um objetivo em comum”. Desta forma deve-se estabelecer relações entre as partes que compõe o sistema (MAIA, 2008).

Pode-se definir um sistema, de uma forma sucinta, como sendo um conjunto de objetos que de alguma forma possui interações ou interdependência entre eles (PRADO, 2009)

A classificação dos sistemas para Freitas Filho (2008) se distingue entre: estáticos ou dinâmicos, contínuos ou discretos, e por fim determinísticos e aleatórios, conforme apresentado na Figura 2.



**Figura 2 – Classificação dos sistemas para fins de modelagem.**  
**Fonte: Adaptado de Freitas Filho (2008)**

Pereira (2009) também classifica os sistemas como contínuos ou discretos, estáticos ou dinâmicos e determinísticos ou estocásticos:

- a) Nos sistemas contínuos, o tempo avança de forma constante em intervalos de tempos idênticos.
- b) Nos sistemas discretos, o tempo é baseado no acontecimento dos eventos, desta forma muda de evento para evento.
- c) Nos sistemas estáticos, o sistema é definido apenas para determinado momento, desta forma a variável do tempo não é relevante.
- d) Nos sistemas dinâmicos, o sistema é baseado em uma variável que progride com o decorrer do tempo.
- e) Nos sistemas determinísticos, os valores na simulação são constantes.
- f) Nos sistemas estocásticos, os valores na simulação são aleatórios.

### 3.5 MODELO

Para Maia (2008) “modelo é uma abstração da realidade, uma representação simplificada do sistema”. Na construção de um modelo de simulação busca-se uma

forma com menos complexidade para poder-se observar o impacto no sistema. Segundo Andrade (2007), um modelo é uma forma de reduzir um sistema, mantendo-se somente as informações essenciais do sistema.

Um modelo pode ser empregado para representar um sistema, podendo ser modelos matemáticos, quando analisados com conjuntos de equações matemáticas, ou podem ser modelos diagramáticos que são representados por diagramas. Modelos são altamente utilizados em sistemas computacionais. (PRADO, 2009)

Freitas Filho (2008) considera a modelagem como uma das fundamentais características de um estudo de simulação. A modelagem por simulação torna possível verificar o comportamento sobre condições definidas e permite analisar o resultado.

### 3.6 PORQUE SIMULAR?

A simulação é geralmente essencial nos seguintes casos (Freitas Filho, 2008):

- 1) o modelo é muito complexo com muitas variáveis e componentes interativos;
- 2) as relações das variáveis subjacentes não são lineares;
- 3) o modelo contém variáveis aleatórias;
- 4) a saída do modelo deve ser visual, como em uma animação em computador.

De acordo com Lobão e Porto (1997) a simulação, em grande parte dos casos, é a opção que:

- demonstra melhor relação custo/benefício;
- procura identificar opções sobre sistemas ainda não implementados, ou em casos de alterações em modelos que estão em operação;

- reduz o risco de interferências no sistema real.

Segundo Oliveira (2008), um dos principais motivos para utilizar a simulação é a possibilidade de testar novos procedimentos operacionais sem ter qualquer interrupção no sistema real.

### 3.7 SOFTWARE DE SIMULAÇÃO JAAMSIM

O JaamSim é um software de simulação de eventos discretos de código aberto que inclui uma interface de usuário de arrastar e soltar, gráficos 3D interativos, processamento de entrada e saída e ferramentas de edição e desenvolvimento de modelos.

O software JaamSim (Figura 4) é um software de simulação de eventos discretos que é utilizado para planejar, projetar e melhorar sistemas de fabricação. Ele habilita o usuário a representar com precisão os processos do mundo real, incluindo sua variabilidade e interdependência, a fim de realizar análises preditivas sobre potenciais mudanças.

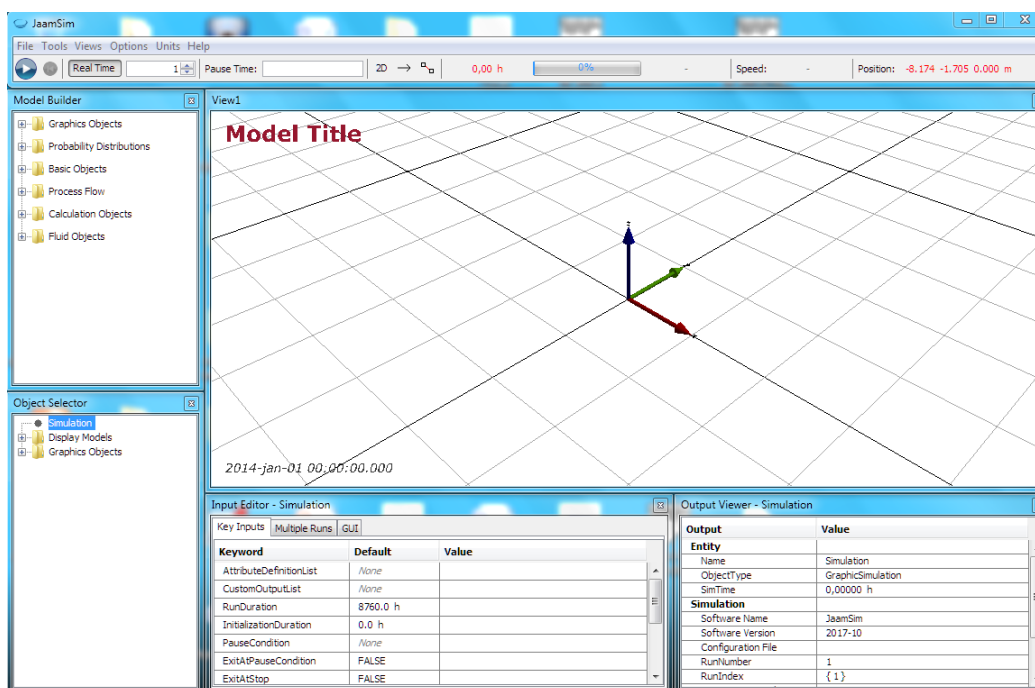
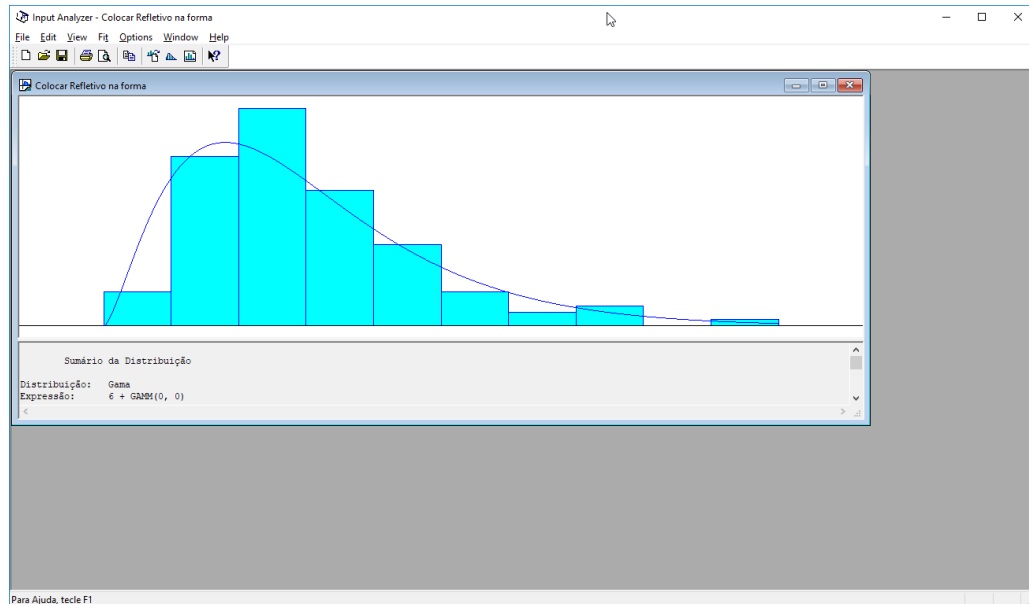


Figura 3 - Página inicial do software JaamSim  
Fonte: Autoria própria

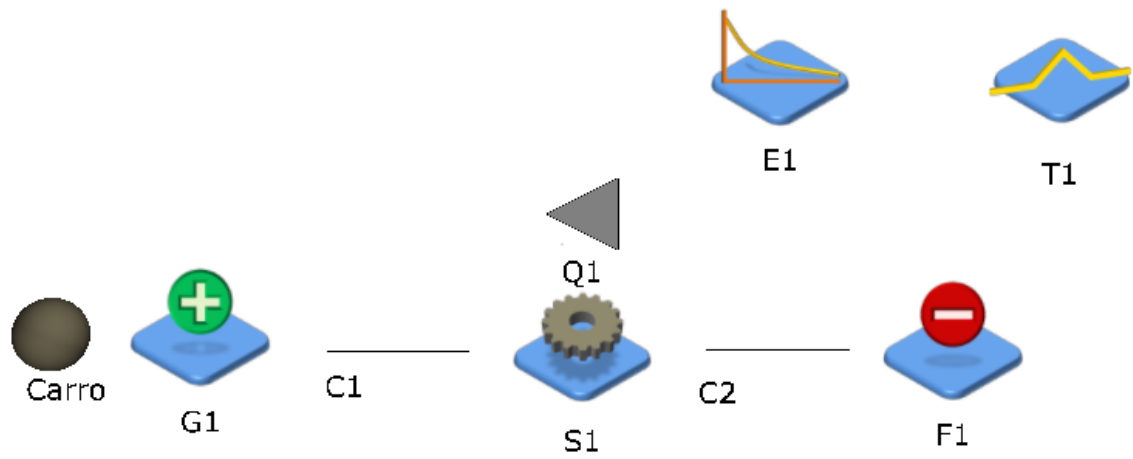
As distribuições probabilidade (Figura 4) foram obtidas por meio da ferramenta *Input Analyser* do Software ARENA®.



**Figura 4 - Ferramenta *Input Analyser***  
**Fonte: Autoria própria**

Embora o software JaamSim seja um software de fácil compreensão e operação, por ser um software de código aberto, atualmente no mercado brasileiro existem poucos especialistas habilitados a modelar e operar este software (CHWIF; MEDINA, 2007).

Na Figura 5 apresenta-se um modelo de simulação implementado no software JaamSim.



**Figura 5 - Modelo de simulação – JaamSim**  
Fonte: Autoria própria

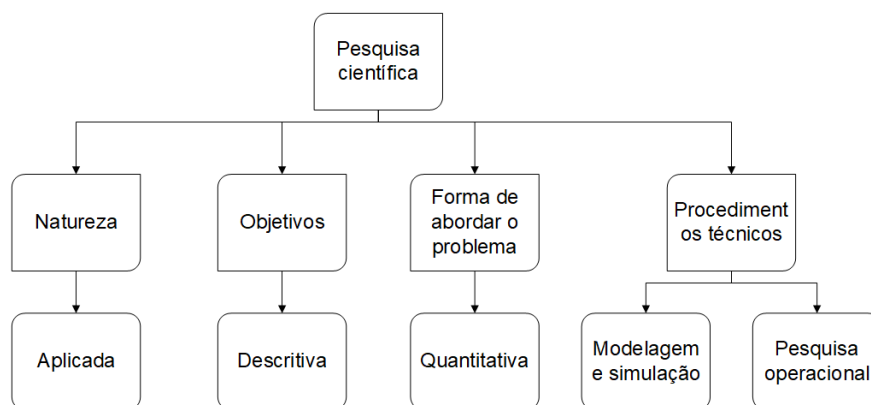
## 4.MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa em estudo, foi fundada em 2006 na cidade de Bauru, São Paulo e em 2008 foi transferida para a cidade de Tupã, São Paulo, é uma empresa especializada na produção de sinalização viária, demarcação viária, demarcação aeroportuária, locais privativos, e estacionamento privativos. A empresa atua em todo mercado nacional e se enquadra como uma empresa de médio porte.

### 4.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa realizada neste trabalho foi classificada como: Aplicada – porque tem como objetivo gerar conhecimentos para uma aplicação prática, Quantitativa – porque utiliza modelagem para descrever o processo de produção de tachas, Descritiva - porque no desenvolvimento do trabalho foram descritos os principais componentes do processo de produção e de acordo com os procedimentos técnicos como modelagem e simulação, ou seja, uma pesquisa operacional (GIL, 2002). Na Figura 6 apresenta-se, de forma gráfica, a classificação da pesquisa.



**Figura 6 - - Representação gráfica da estrutura da pesquisa.**  
 Fonte: Adaptado de Silva; Menezes, 2001

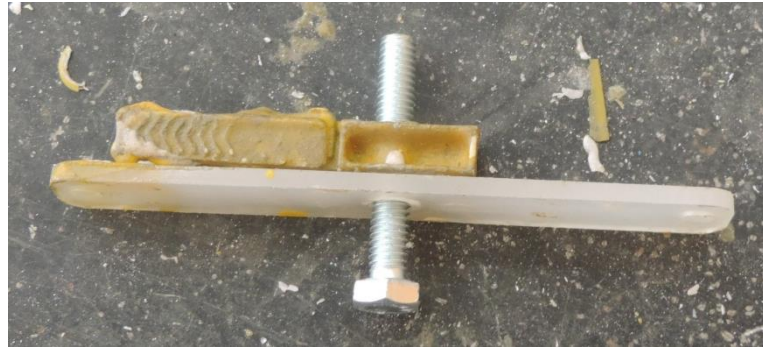
### 4.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

O processo de produção de tachas começa com a limpeza das formas (Figura 7), onde são retirados todos os tipos de resíduos que tenham sobrado da produção passada. Em seguida, faz-se o ajuste do suporte de sustentação do parafuso (Figura 8). A terceira etapa é a mistura dos produtos (Betoneira), resina e pigmento, podendo ser tanto pigmentação branca quanto amarela, dependendo do pedido do cliente (Figura 9). A próxima etapa representa o preparo dos refletivos, onde é retirada a película protetora e fixado na forma (Figura 10). Quando a forma está pronta para receber a mistura, é adicionado o catalizador, para endurecer a resina durante o processo de fabricação. Depois, as formas são preenchidas com a mistura (Figura 11). Em seguida é posicionado o suporte do parafuso (Figura 12). Aguarda-se a mistura enrijecer (Secagem) e depois a forma e o suporte são retirados (Figura 13). Finalmente, são encaminhadas para a embalagem e na seqüência para a expedição.



**Figura 7 - Forma da tacha**  
**Fonte: Autorial própria**

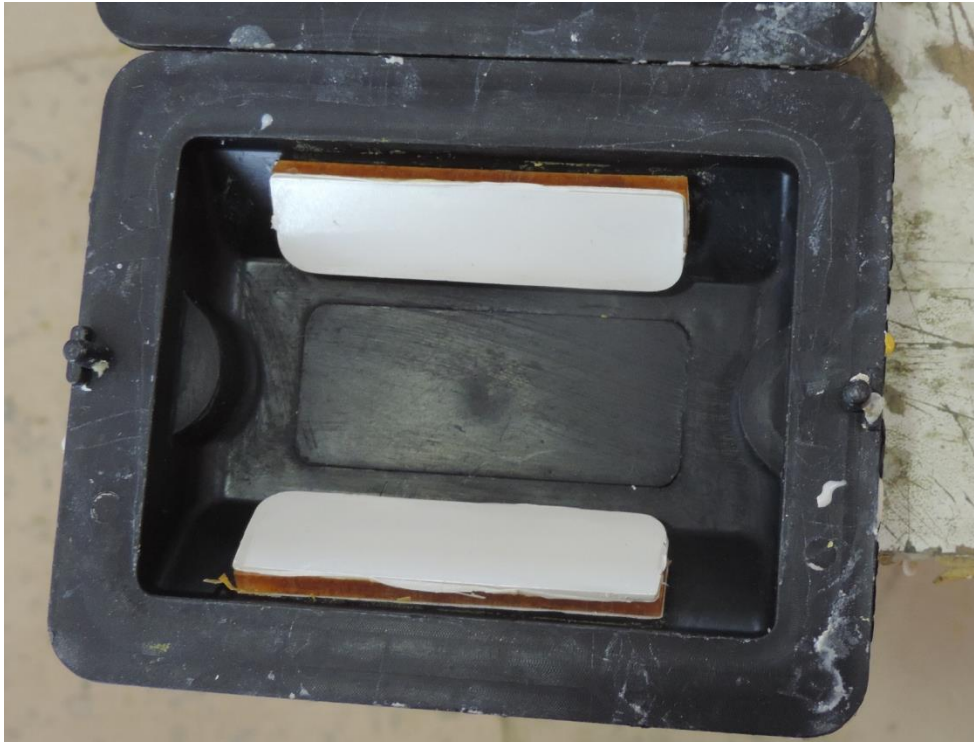




**Figura 8– Ajuste do suporte do parafuso.**  
**Fonte: Autoria própria**



**Figura 9 – Mistura dos produtos.**  
**Fonte: Autoria própria**



**Figura 10 – Refletivo colado na forma.**  
**Fonte: Autoria própria**



**Figura 11 – Preenchimento das formas.**  
**Fonte: Autoria própria**



**Figura 12 – Colocação do suporte.**  
Fonte: Autoria própria



**Figura 13 – Desenformar tachas.**  
Fonte: Autoria própria

Na Figura 14 apresenta-se o fluxograma do processo de fabricação de tachas.



**Figura 14 - Fluxograma do processo de fabricação de tachas.**  
**Fonte: Autoria própria**

#### 4.5. COLETA DE DADOS

No planejamento, da coleta de dados, concluiu-se que seria necessário determinar as seguintes variáveis:

- TS – Tempo de secagem (30 minutos);
- TB – Tempo de betoneira (10 minutos);
- TMS – Tempo de mistura (1 minuto);
- DMF – Tempos para despejar massa nas formas;
- LF – Tempos de limpeza das formas;
- PC – Tempos para passar cera nas formas;
- RL – Tempos para retirar layers;
- DT – Tempos para desenformar as tachas;
- PT – Tempos para colocar parafusos nas travas;
- RFA – Tempos para retirar fitas e acabamentos.

#### 4.5. VALIDAÇÃO DO MODELO

O objetivo da validação tem como base a comparação de valores de variáveis geradas pelo modelo com os coletados no sistema real (SARGENT, 1998). Para comparar estas variáveis utiliza-se, neste trabalho, o erro médio estimado (MENNER, 1995):

$$SE = \sqrt{\frac{(SR-MD)^2}{GLR}} \quad (1)$$

onde:

SE – erro médio estimado;

SR – valor obtido a partir do sistema real;

MD – média dos valores gerados pelo modelo; e

GLR – grau de liberdade considerando o número de replicações do modelo.

#### 4.6 TAMANHO DA AMOSTRA

O número de amostras, a ser coletadas neste trabalho, será obtido através da expressão:

$$n_a = \left( \frac{(Z_{\alpha/2}) x S}{E} \right)^2 \quad (2)$$

onde:

$n_a$  – número de indivíduos da amostra;

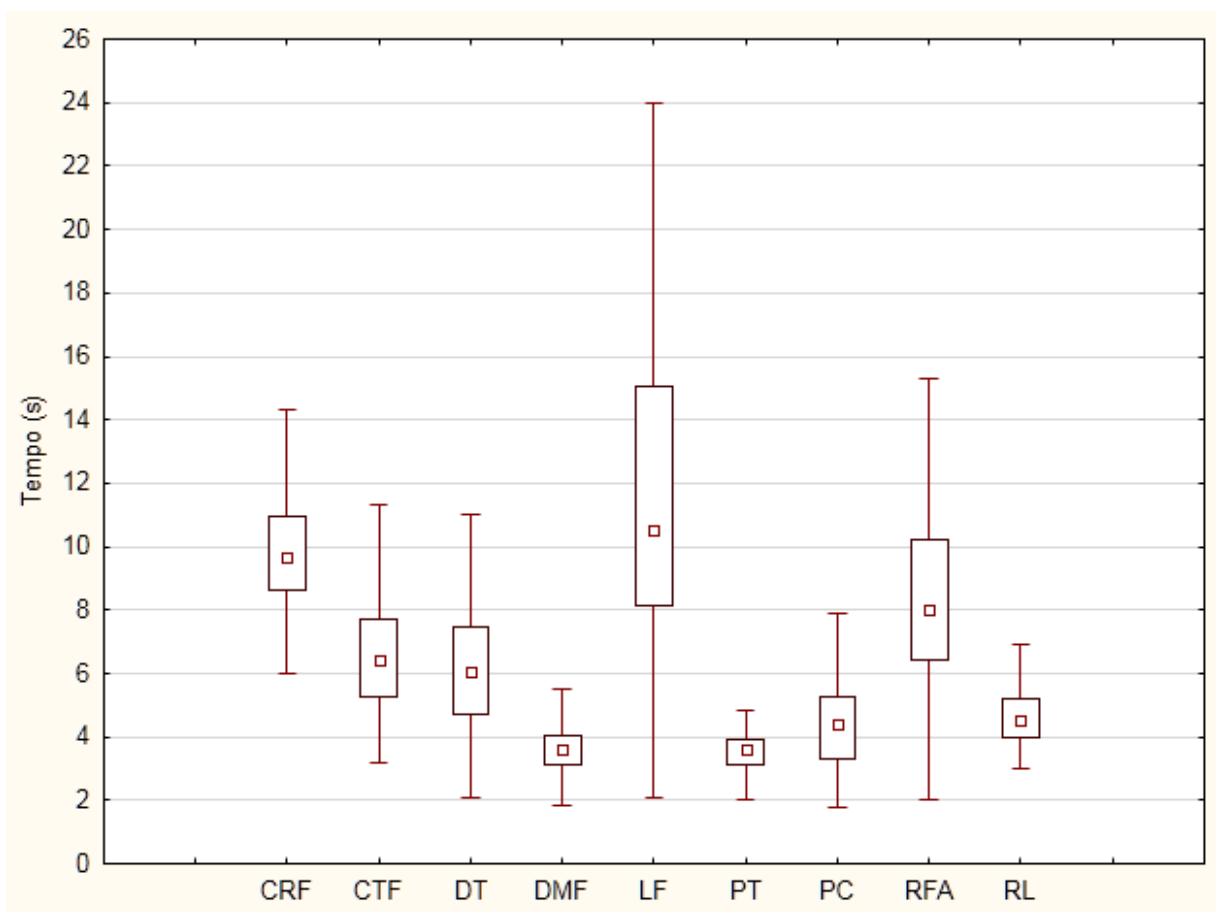
$Z_{\alpha}$  – valor crítico que corresponde ao grau de confiança;

S – desvio padrão; e

E – erro máximo estimado.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, para uma análise inicial das observações, os dados, coletados na empresa, foram plotados na forma de *boxplots* (Figura 15). Os *outliers*, considerados extremos, só foram retirados das amostras após uma análise criteriosa de suas causas.

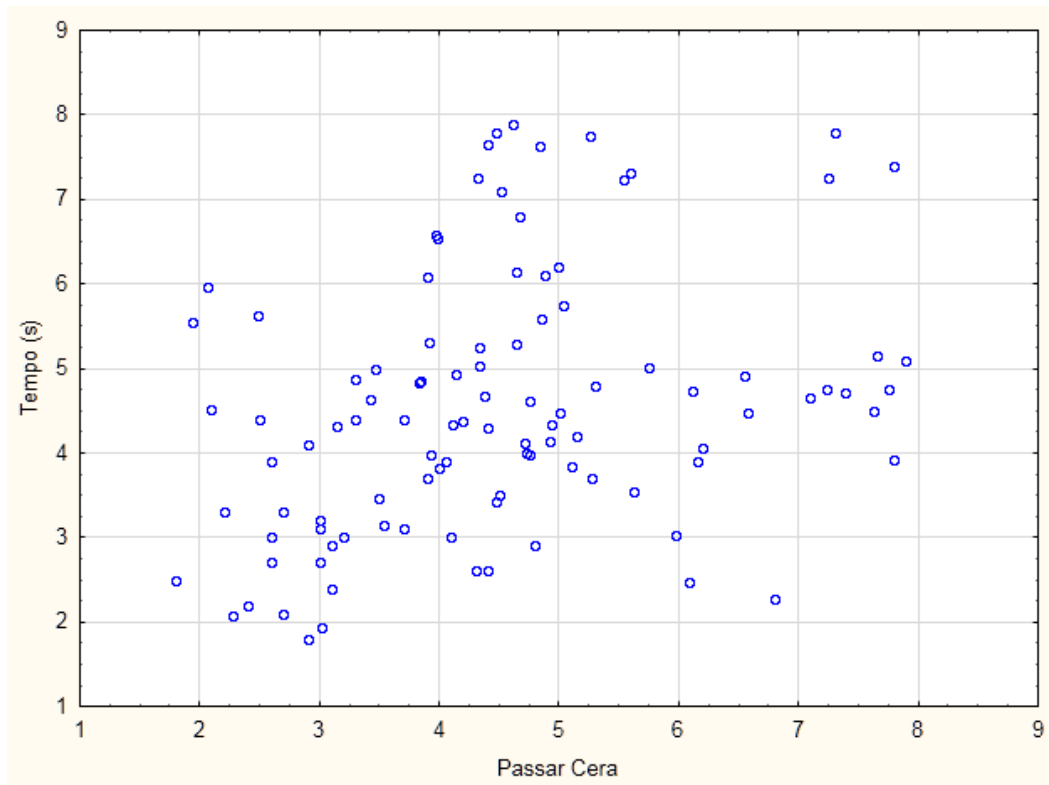


**Figura 15 – Boxplots de Colocar Refletivo na Forma, Colocar Trava na Forma, Desmontar Trava, Derramar Massa na Forma, Limpar Forma, Preparar Trava, Passar Cera, Retirar Fitas e Acabamento, Retirar Layers.**

Fonte: Autoria própria

Na seqüência realizou-se a análise da correlação entre os dados para todas as variáveis coletadas na empresa. Na Figura 16 apresenta-se, como exemplo, o

gráfico de dispersão da variável PC. Nessa figura pode-se comprovar que não há correlação entre as observações da amostra.



**Figura 16 - Gráfico de dispersão - PC.**  
**Fonte: Autoria própria**

### 5.1 DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADES:

No passo seguinte, identificaram-se as distribuições de probabilidades que melhor representaram as variáveis obtidas no processo de produção de tachas (Tabela 1).

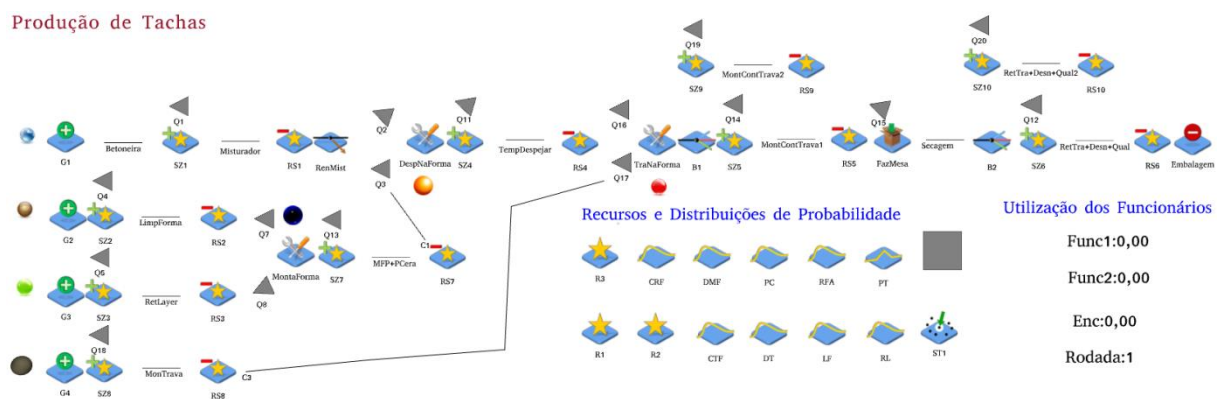


**Tabela 1 - Distribuição de probabilidades.**  
**Fonte: Autoria própria**

Item	Distribuição (s)
CRF	6+GAMMA(3.95,5.32)
CTF	3+WEIBULL(4.1,2)
DT	2+WEIBULL(4.8,2.42)
DMF	1+GAMMA(2.64,11.2)
LF	2+WEIBULL(10.4,1.8)
PT	TRIA(2,3.71,4.99)
PC	1+GAMMA(3.95,5.32)
RFA	2+GAMMA(6.41,5.66)
RL	3+WEIBULL(1.26,2.13)

## 5.2 MODELO COMPUTACIONAL:

O modelo computacional implementado no software JAANSIM é apresentado na Figura 17.



**Figura 17 - Modelo computacional - JaamSim.**  
**Fonte: Autoria própria**

### 5.3 VALIDAÇÃO DO MODELO

Para validação do modelo realizou-se uma comparação entre o tempo de produção de 300 tachas obtido no sistema real com o tempo gerado pelo modelo computacional (Tabela 2).

**Tabela 2 - Dados do sistema real e do modelo**  
**Fonte: Autoria própria**

<b>Tempo de Produção das Tachas (h)</b>		
<b>Sistema Real</b>	<b>Modelo Computacional</b>	<b>SE</b>
4	3,4	0,15

Por meio dos resultados apresentados na Tabela 2, conclui-se que o modelo, implementado neste trabalho, apresenta uma boa aproximação com o sistema real.

### 5.4 SIMULAÇÃO

Para realizar a análise, do sistema de produção de tachas, propõem-se dois cenários com o objetivo de observar a resposta do sistema a partir de alterações no número de funcionários do processo. Os indicadores de desempenho utilizados para análise são: a porcentagem de utilização dos funcionários e o tempo de produção de 300 tachas.

Cenário 1- 1 Encarregado e 2 Funcionários (Cenário Atual).

Cenário 2- 1 Encarregado e 1 Funcionário.

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos de simulação para os dois cenários.

**Tabela 3 - Resultados de simulação dos cenários 1 e 2.****Fonte: Autoria própria**

<b>Cenários</b>	<b>Utilização Encarregado</b>	<b>Utilização Funcionário 1</b>	<b>Utilização Funcionário 2</b>	<b>Tempo de Produção</b>
1	57,06%	28,95%	49,97%	3,4h
2	55,85%	77,40%	-	3,43h

Observa-se, dos resultados apresentados na Tabela 3, que para as condições simuladas neste trabalho, a redução de um funcionário praticamente não acarreta aumento no tempo de produção das 300 tachas. Porém, houve um aumento na porcentagem de utilização do Funcionário 1. Contudo esse aumento está dentro das condições de utilização adotadas pela empresa (85%).

## 6. CONCLUSÕES

O trabalho propôs a utilização de eventos discretos para modelagem de um sistema de produção, de tachas de sinalização, de uma empresa localizada na cidade de Tupã, São Paulo.

Com as análises procedidas, na validação do modelo de simulação, pode-se concluir que o modelo pode ser aplicado na simulação do processo de produção das tachas de sinalização.

Basicamente o estudo visou proporcionar à gerência da empresa entendimento sobre o comportamento do sistema frente a variação no número de funcionários, gerando informações que possibilitou a redução de um funcionário no processo de produção. Sugere-se a realocação deste funcionário em outro setor da empresa.

Com os dados coletados e analisados verifica-se a possibilidade de novos projetos, estudos, no setor, sendo análise de arranjo físico, desenvolvimento de novos equipamentos, para secagem, ou até mesmo equipamentos de precisão nos processos.

Desse modo, pode-se concluir que a simulação mostrou-se representativa e útil na tomada de decisão no processo de produção de tachas.

## 10. REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. xiii, 192 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14636: Sinalização horizontal viária - Tachas refletivas viárias - requisitos**. 2 ed. Brasil: Abnt, 2013. 7 p.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à Modelagem e Simulação de sistemas: Com aplicações em Arena**. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008. 384 p.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

FORRESTER, J. **Principles of Systems**, 2ª ed. Pegasus Communications. 1968

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. New York. McGraw-Hill, 2000.

LOBAO, E.C.; PORTO, A.J.V. (1997). **Sistematização de um Estudo de Simulação**. In: XVII ENEGEP – CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Gramado, 1997. Anais. Rio Grande do Sul

MAIA, Douglas. F. **Modelagem e simulação computacional em uma aciaria**. 2008. 56 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia de Produção, Universidade federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

MENNER, W. A. **Introduction to modeling and simulation**. New York: JohnsHopkins APL TechnicalDigest, 1995.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Sistemas de Informações Gerenciais: Estratégicas Táticas Operacionais**. 12ª Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2008, 299 páginas.

PEGDEN, Dennis; SHANNON, Robert; SADOWSKI, Randall. **Introduction to simulation using SIMAN**. McGraw-Hill, NY. 2 ed., 1995.

PEREIRA, António Pedro Alves. **Simulação de Sistemas de Produção Lean**. 2009. 86 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009.

PRADO, D. **Usando o ARENA® em simulação**. INDG – Tecnologia e Serviços LTDA. Nova Lima, 2010.307 p.

PRADO, Darci Santos do. **Teoria da Filas e da Simulação**. 4. ed. Nova Lima: Indgtecs, 2009 p. 98, p. 127.

SARGENT, R. G. **Verification and validation of simulation models**. WINTER THE SIMULATION CONFERENCE, 1998. WASHINGTON, WSC, 1998.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**, 3. ed, p.121. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. Disponível em: <  
[http://www.ppgep.ufsc.br/Metodologia\\_da\\_Pesquisa\\_3a\\_edicao.zip](http://www.ppgep.ufsc.br/Metodologia_da_Pesquisa_3a_edicao.zip) >. Acesso em: 14 fev .2013.

VILLAR, A. M.; PORTO, E. S. **Análise do arranjo físico geral como base para racionalização da produção – um estudo de caso**. ENEGEP. Foz do Iguaçu, PR, Brasil. 2007.